

# Поиск и классификация неразорвавшихся снарядов компанией Black Tusk Geophysics



Сбор данных с помощью современного металлоискателя

В Северной Америке артиллерийские и минометные учебные поля замусорены неразорвавшимися боеприпасами (НРБ), лежащими прямо под поверхностью земли. НРБ, оставшиеся от прошлых военных кампаний, также повсеместно находятся в Европе и Юго-Восточной Азии. Для обеспечения безопасности гражданского населения правительства всего мира наращивают усилия по поиску и ликвидации НРБ.

Традиционные металлоискатели обычно неспособны отличить НРБ от безопасных осколков и другого металлического мусора. Требуется большое количество раскопок (которые иногда исчисляются тысячами) для извлечения всех металлических предметов, обнаруженных этими детекторами.

Желая уменьшить стоимость раскопок, исследователи из Black Tusk Geophysics используют MATLAB® для точной классификации погребенных НРБ. Это делается с помощью обработки данных, получаемых с современных электромагнитных индукционных датчиков.

«В основе нашего ПО лежат алгоритмы MATLAB, позволяющие соотнести модели и данные, получаемые с датчиков. После чего сравнить результаты с базой известных НРБ, — говорит Лоуренс Беран, геофизик-исследователь из Black Tusk Geophysics. — Пользовательский интерфейс, разработанный нами в MATLAB, позволяет визуализировать всю необходимую информацию для точной классификации и, в некоторых случаях, почти вдвое снизить стоимость раскопок.

## Задача

Раньше техники использовали процедуру, известную как «mag and flag» для обнаружения потенциальных НРБ. Они использовали простые металлоискатели с одним передатчиком и приемником

для сканирования участка с захороненными металлами, помечая каждый объект меткой. Поскольку детекторы не могли отделить НРБ от другого металлического мусора, обычным делом были ложноположительные срабатывания. В результате, часто извлекались десятки безопасных объектов на каждый найденный НРБ.

Современные металлоискатели с несколькими передатчиками и приемниками могут использоваться для точной классификации каждого потенциального объекта. Однако, интерпретация этих данных требует сложной и вычислительно-интенсивной обработки и оптимизационных алгоритмов — в частности, когда данные приходят с нескольких близкорасположенных объектов. Команде Black Tusk требовалось разработать, отладить и усовершенствовать эти алгоритмы. Помимо этого, им надо было быстро обрабатывать данные, получаемые от тысяч полевых объектов.

## Решение

Исследователи из Black Tusk использовали MATLAB и Optimization Toolbox™ для разработки алгоритмов по обнаружению и классификации НРБ, которые минимизировали ложноположительные срабатывания и при этом давали высокую вероятность идентификации НРБ.

Работая в MATLAB, они создали алгоритм для идентификации аномалий в электромагнитных данных, полученных при первичной разведке, которые могут означать наличие НРБ. Далее этот алгоритм выдавал список потенциальных подозрительных мест, которые были дополнительно обследованы с помощью современных металлоискателей для сбора дополнительных данных.

Группой были разработаны алгоритмы обработки, которые импортировали

## Задача

Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов (НРБ) при минимизации стоимости и времени, затраченного на лишние раскопки.

## Решение

Использовать MATLAB для разработки и усовершенствования алгоритмов детектирования и классификации НРБ по данным с электромагнитных индукционных датчиков.

## Результаты

- До 50% экономии затрат при сокращении раскопок на 86%
- Комплексный анализ и осмысление полученных данных
- Время расчета сократилось почти на 75%
- Ускорение обработки экспериментальных данных

«С MATLAB у нас есть возможность оптимизировать алгоритмы для нелинейной аппроксимации данных, а также создавать пользовательские интерфейсы для ясного отображения разноплановой информации. Такая комбинация делает наше решение действительно сильным», —

ЛОУРЕНС БЕРАН, Black Tusk Geophysics

новые данные и сохраняли их в отдельном объекте для каждой целевой позиции. При обработке использовались функции Optimization Toolbox для аппроксимации нелинейным методом наименьших квадратов. Обратная задача, реализованная в этом алгоритме, находит значения параметров модели, которые удовлетворяли бы измеренным данным. Был также разработан набор инструментов визуализации в MATLAB для возможности проверки результатов решения обратной задачи для каждого объекта.

Далее найденные параметры модели сравниваются с эталонной базой моделей известных НРБ для создания списка очередности раскопок. Как только техники извлекают все объекты из списка раскопок, запускаются алгоритмы, разработанные в MATLAB и Statistics Toolbox™ и предназначенные для вычисления доверительных интервалов и оценки вероятности того, что все НРБ были найдены.

Для ускорения вычислений специалисты из Black Tusk используют многоядерные процессоры и Parallel Computing Toolbox™ при запуске алгоритмов по решению обратной задачи. Используя MATLAB Compiler™, они создали автономную версию некоторых алгоритмов для использования клиентом.

Алгоритмы, разработанные в Black Tusk, уже показали свою эффективность по точной классификации НРБ на более чем 10 полевых демонстрационных проектах, финансируемых государством.

### Результаты

**До 50% экономии затрат при сокращении раскопок на 86%.** «По сравнению со способом «mag-and-flag» наша обработка в MATLAB сократила раскопки на 86% за счет улучшения точности классификации НРБ, — говорит Беран. — Такое снижение привело к экономии затрат почти на 50% в пересчете на весь проект».

**Комплексный анализ и осмысление полученных данных.** «Современные датчики имеют несколько приемников, каждый из которых измеряет три компоненты электромагнитного поля, поэтому мы должны обрабатывать и визуализировать множество данных, — замечает Беран. — Разработанный в MATLAB интерфейс позволяет просматривать все собранные данные, модельные данные и разницу между ними для принятия наилучшего решения».

**Время расчета сократилось почти на 75%.** «При использовании нескольких объектов для аппроксимации алгоритмы становятся вычислительно

трудными, — говорит Беран. — С помощью Parallel Computing Toolbox мы запускаем их параллельно на 4-ядерном процессоре и добиваемся прироста скорости в 3–4 раза».

### Области применения

- Анализ данных
- Математическое моделирование
- Разработка алгоритмов
- Параллельные вычисления
- Настольное и сетевое развертывание

### Промышленность

- Материаловедение и добыча
- Землеведение и океанология
- Аэрокосмическая и оборонная

### Используемые продукты

- MATLAB
- MATLAB Compiler
- Optimization Toolbox
- Parallel Computing Toolbox
- Statistics Toolbox

### Дополнительная информация и контакты

Информация о продуктах  
[matlab.ru/products](http://matlab.ru/products)

Пробная версия  
[matlab.ru/trial](http://matlab.ru/trial)

Запрос цены  
[matlab.ru/price](http://matlab.ru/price)

Техническая поддержка  
[matlab.ru/support](http://matlab.ru/support)

Тренинги  
[matlab.ru/training](http://matlab.ru/training)

Контакты  
[matlab.ru](http://matlab.ru)

E-mail: [matlab@sl-matlab.ru](mailto:matlab@sl-matlab.ru)

Тел.: +7 (495) 232-00-23, доб. 0609

Адрес: 115114 Москва,  
Дербеневская наб., д. 7, стр. 8

